

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 8月27日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-246282

[ST.10/C]:

[JP2002-246282]

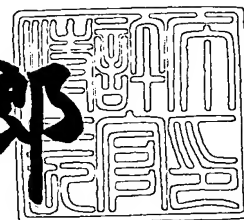
出 願 人
Applicant(s):

富士重工業株式会社
三菱電機株式会社

2003年 6月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3047341

【書類名】 特許願

【整理番号】 RG027303

【提出日】 平成14年 8月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B62D 05/04

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県大和市つきみ野三丁目25番10号

 【氏名】 藤岡 健彦

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都足立区谷中三丁目6番7号 小倉コーポ202号
 室

 【氏名】 リムピバンテン・ティーラワット

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会
 社内

 【氏名】 栗重 正彦

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会
 社内

 【氏名】 田中 英之

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士重工業株式会
 社内

 【氏名】 小山 哉

【特許出願人】

 【識別番号】 000005348

 【氏名又は名称】 富士重工業株式会社

【特許出願人】

 【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100101982

【弁理士】

【氏名又は名称】 久米川 正光

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 060635

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9813871

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動式パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハンドルの操舵角とタイヤの車輪角との関係を任意に設定可能なステアリング機構を有する電動式パワーステアリング装置において、

前記ハンドルに伝わる操舵反力を制御する第 1 のモータと、

前記ハンドルがオンセンター領域であるか否かを判定するオンセンター領域判定部と、

前記タイヤより伝わる路面反力トルクを検出する路面反力トルク検出部と、

前記路面反力トルク検出部によって検出された路面反力トルクと、トルクゲインとに基づいて操舵トルクを算出するとともに、当該算出された操舵トルク相当の操舵反力が前記ハンドルに生じるように、前記第 1 のモータの駆動制御を行う制御部とを有し、

前記制御部は、前記オンセンター領域であると判定された場合に設定するトルクゲインを、前記オンセンター領域でないと判定された場合に設定するトルクゲインよりも大きくすることを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項 2】

前記ハンドルの操舵角を検出する操舵角検出部と、

前記タイヤの車輪角を制御する第 2 のモータとをさらに有し、

前記制御部は、前記操舵角検出部によって検出された操舵角と、固定値である角度ゲインとに基づいて車輪角を算出し、当該算出された車輪角相当に前記タイヤの車輪角がなるように、前記第 2 のモータの駆動制御を行うことを特徴とする請求項 1 に記載された電動式パワーステアリング装置。

【請求項 3】

ハンドルの操舵角とタイヤの車輪角との関係を任意に設定可能なステアリング機構を有する電動式パワーステアリング装置において、

前記ハンドルに伝わる操舵反力を制御する第 1 のモータと、

前記タイヤの車輪角を制御する第 2 のモータと、

前記ハンドルの操舵角を検出する操舵角検出部と、

前記ハンドルがオンセンター領域であるか否かを判定するオンセンター領域判定部と、

前記タイヤより伝わる路面反力トルクを検出する路面反力トルク検出部と、

前記路面反力トルク検出部によって検出された路面反力トルクと、トルクゲインとに基づいて操舵トルクを算出し、当該算出された操舵トルク相当の操舵反力が前記ハンドルに生じるように、前記第 1 のモータの駆動制御を行うとともに、前記操舵角検出部によって検出された操舵角と、角度ゲインとに基づいて車輪角を算出し、当該算出された車輪角相当に前記タイヤの車輪角がなるように、前記第 2 のモータの駆動制御を行う制御部とを有し、

前記制御部は、前記オンセンター領域であると判定された場合に設定するトルクゲインを、前記オンセンター領域でないと判定された場合に設定するトルクゲインよりも大きくするとともに、前記オンセンター領域であると判定された場合に設定する角度ゲインを、前記オンセンター領域でないと判定された場合に設定する角度ゲインよりも小さくすることを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項 4】

ハンドルの操舵角とタイヤの車輪角との関係を任意に設定可能なステアリング機構を有する電動式パワーステアリング装置において、

前記ハンドルに伝わる操舵反力を制御する第 1 のモータと、

前記タイヤの車輪角を制御する第 2 のモータと、

前記ハンドルの操舵角を検出する操舵角検出部と、

前記ハンドルがオンセンター領域であるか否かを判定するオンセンター領域判定部と、

前記タイヤより伝わる路面反力トルクを検出する路面反力トルク検出部と、

前記路面反力トルク検出部によって検出された路面反力トルクと、トルクゲインとに基づいて操舵トルクを算出し、当該算出された操舵トルク相当の操舵反力が前記ハンドルに生じるように、前記第 1 のモータの駆動制御を行うとともに、前記操舵角検出部によって検出された操舵角と、角度ゲインとに基づいて車輪角

を算出し、当該算出された車輪角相当に前記タイヤの車輪角がなるように、前記第 2 のモータの駆動制御を行う制御部とを有し、

前記制御部は、前記オンセンター領域であると判定された場合に設定するトルクゲインを、前記オンセンター領域でないと判定された場合に設定するトルクゲインよりも小さくするとともに、前記オンセンター領域であると判定された場合に設定する角度ゲインを、前記オンセンター領域でないと判定された場合に設定する角度ゲインよりも大きくすることを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項 5】

前記オンセンター領域判定部は、前記算出された操舵トルク相当の操舵反力の絶対値が所定のしきい値以下の場合に、オンセンター領域であると判定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載された電動式パワーステアリング装置。

【請求項 6】

前記ハンドルの操舵トルクを検出する操舵トルク検出部をさらに有し、

前記オンセンター領域判定部は、前記操舵トルク検出部によって検出された操舵トルクの絶対値が所定のしきい値以下の場合にオンセンター領域であると判定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載された電動式パワーステアリング装置。

【請求項 7】

前記オンセンター領域判定部は、車両の横加速度、路面反力または操舵角に基づいて、オンセンター領域であるか否かを判定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載された電動式パワーステアリング装置。

【請求項 8】

前記制御部は、車両の走行状態を示す車両状態量に応じて、角度ゲインまたはトルクゲインを設定することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載された電動式パワーステアリング装置。

【請求項 9】

前記車両状態量は、少なくとも車速を含むことを特徴とする請求項 8 に記載さ

れた電動式パワーステアリング装置。

【請求項 1 0】

前記制御部は、車両のヨーレートと横滑り角との関係を規定する安定判別マップにおいて、横滑り角とヨーレートとから特定される座標点と原点とを結ぶ距離に基づいて車両の走行安定性を判定し、当該判定結果に応じて、角度ゲインとトルクゲインとを変更することを特徴とする請求項 1 から 9 に記載された電動式パワーステアリング装置。

【請求項 1 1】

前記制御部は、路面摩擦状態を推定し、当該推定結果に応じて、角度ゲインとトルクゲインとを変更することを特徴とする請求項 1 から 1 0 のいずれかに記載された電動式パワーステアリング装置。

【請求項 1 2】

前記制御部は、角度ゲインまたはトルクゲインの少なくとも一方に対して、上限値と下限値とを設定することを特徴とする請求項 1 から 1 1 のいずれかに記載された電動式パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ハンドルの操舵角とタイヤの車輪角との関係を任意に設定可能なステアリング機構を有する電動式パワーステアリング装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来より、ステアバイワイヤ（S B W）機構、すなわち、ハンドルに連結されている操舵軸とタイヤを転舵させる転舵機構とを機械的に分離し、これらを独立に制御する機構が知られている。ステアバイワイヤ機構では、ハンドルとタイヤとが機械的なリンクによって連結されている従来のステアリング機構と比較して、幅広い制御を行うことが可能となる。例えば、特開 2 0 0 0 - 1 2 8 0 0 2 号には、操舵状態と転舵位置とに基づいて、操舵反力を決定するステアバイワイヤ制御装置が開示されている。この公報に開示された技術では、入力情報となる操

舵状態として、主に操舵角のみを用いることにより、転舵軸に作用する操舵反力を決定している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来技術では、ハンドルをきった状態のみを考慮して操舵反力を決定しており、ドライバの操縦性の基礎となる「オンセンター感」の領域における操舵反力の適正值については考慮されていない。ここで、オンセンター感とは、車両を微少操舵させる場合などに発生するトルクのことで、この領域において、ハンドル操舵をアシストするトルクが大きすぎると、ドライバはハンドルの中心（直進状態）が分からなくなり、操縦が困難になるという不都合が生じる。一方、この領域において、ハンドル操舵をアシストするトルクが小さすぎると、直進方向の操縦性は容易になる反面、車両を曲げる際におけるドライバの負担が大きくなるという不都合が生じる。

【0004】

また、オンセンター感には、ハンドルの操舵角に対するタイヤの車輪角の比（角度ゲイン）も大きく関係する。角度ゲインが小さい場合には、ハンドル操作に対してタイヤが鈍感になるために、ドライバは直進などの操作を行い易い。しかしながら、車両を曲げる際、ドライバのハンドル操作量が多くなるため、ドライバの負担が大きくなるという不都合がある。一方、角度ゲインが大きい場合には、ハンドル操作に対してタイヤが敏感になるために、角度ゲインが小さい場合とは逆の不都合が生じる。

【0005】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、電動式パワーステアリング装置において、トルクゲインや角度ゲインを調整することにより、操舵フィーリングや操縦性の向上を図ることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するために、第1の発明は、ハンドルの操舵角とタイヤの車輪角との関係を任意に設定可能なステアリング機構を有する新規な電動式パワー

ステアリング装置において、オンセンター感の向上を意図した新規な構成を提供する。この装置は、ハンドルに伝わる操舵反力を制御する第1のモータと、ハンドルがオンセンター領域であるか否かを判定するオンセンター領域判定部と、タイヤより伝わる路面反力トルクを検出する路面反力トルク検出部と、路面反力トルク検出部によって検出された路面反力トルクと、制御部とを有する。この制御部は、トルクゲインとに基づいて操舵トルクを算出するとともに、算出された操舵トルク相当の操舵反力がハンドルに生じるように、第1のモータの駆動制御を行う。また、制御部は、オンセンター領域であると判定された場合に設定するトルクゲインを、オンセンター領域でないと判定された場合に設定するトルクゲインよりも大きくする。

【0007】

ここで、第1の発明において、ハンドルの操舵角を検出する操舵角検出部と、タイヤの車輪角を制御する第2のモータとをさらに設けてもよい。この場合、制御部は、操舵角検出部によって検出された操舵角と、固定値である角度ゲインとに基づいて車輪角を算出し、算出された車輪角相当にタイヤの車輪角になるように、第2のモータの駆動制御を行う。

【0008】

第2の発明は、ハンドルの操舵角とタイヤの車輪角との関係を任意に設定可能なステアリング機構を有する電動式パワーステアリング装置において、オンセンター感の向上を意図した新規な構成を提供する。この装置は、ハンドルに伝わる操舵反力を制御する第1のモータと、タイヤの車輪角を制御する第2のモータと、ハンドルの操舵角を検出する操舵角検出部と、ハンドルがオンセンター領域であるか否かを判定するオンセンター領域判定部と、タイヤより伝わる路面反力トルクを検出する路面反力トルク検出部と、路面反力トルク検出部によって検出された路面反力トルクと、制御部とを有する。この制御部は、トルクゲインとに基づいて操舵トルクを算出し、算出された操舵トルク相当の操舵反力がハンドルに生じるように、第1のモータの駆動制御を行う。それとともに、制御部は、操舵角検出部によって検出された操舵角と、角度ゲインとに基づいて車輪角を算出し、算出された車輪角相当にタイヤの車輪角になるように、第2のモータの駆動制

御を行う。また、制御部は、オンセンター領域であると判定された場合に設定するトルクゲインを、オンセンター領域でないと判定された場合に設定するトルクゲインよりも大きくする。さらに、制御部は、オンセンター領域であると判定された場合に設定する角度ゲインを、オンセンター領域でないと判定された場合に設定する角度ゲインよりも小さくする。

【 0 0 0 9 】

第3の発明は、ハンドルの操舵角とタイヤの車輪角との関係を任意に設定可能なステアリング機構を有する電動式パワーステアリング装置において、回頭性（障害物の回避性）を意図した新規な構成を提供する。この装置は、ハンドルに伝わる操舵反力を制御する第1のモータと、タイヤの車輪角を制御する第2のモータと、ハンドルの操舵角を検出する操舵角検出部と、ハンドルがオンセンター領域であるか否かを判定するオンセンター領域判定部と、タイヤより伝わる路面反力トルクを検出する路面反力トルク検出部と、制御部とを有する。この制御部は、路面反力トルク検出部によって検出された路面反力トルクと、トルクゲインとに基づいて操舵トルクを算出し、算出された操舵トルク相当の操舵反力がハンドルに生じるように、第1のモータの駆動制御を行う。それとともに、制御部は、操舵角検出部によって検出された操舵角と、角度ゲインとに基づいて車輪角を算出し、算出された車輪角相当にタイヤの車輪角になるように、第2のモータの駆動制御を行う。また、制御部は、オンセンター領域であると判定された場合に設定するトルクゲインを、オンセンター領域でないと判定された場合に設定するトルクゲインよりも小さくする。さらに、制御部は、オンセンター領域であると判定された場合に設定する角度ゲインを、オンセンター領域でないと判定された場合に設定する角度ゲインよりも大きくする。

【 0 0 1 0 】

ここで、第1から第3の発明のいずれかにおいて、オンセンター領域判定部は、算出された操舵トルク相当の操舵反力の絶対値が所定のしきい値以下の場合に、オンセンター領域であると判定することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

また、第1から第3の発明のいずれかにおいて、ハンドルの操舵トルクを検出

する操舵トルク検出部をさらに設けてもよい。この場合、オンセンタ領域判定部は、操舵トルク検出部によって検出された操舵トルクの絶対値が所定のしきい値以下の場合にオンセンタ領域であると判定することが好ましい。

【 0 0 1 2 】

また、第 1 から第 3 の発明のいずれかにおいて、オンセンタ領域判定部は、車両の横加速度、路面反力または操舵角に基づいて、オンセンタ領域であるか否かを判定してもよい。

【 0 0 1 3 】

また、第 1 から第 3 の発明のいずれかにおいて、制御部は、車両の走行状態を示す車両状態量に応じて、角度ゲインまたはトルクゲインを設定してもよい。この場合、車両状態量は、少なくとも車速を含むことが好ましい。

【 0 0 1 4 】

また、第 1 から第 3 の発明のいずれかにおいて、制御部は、車両のヨーレートと横滑り角との関係を規定する安定判別マップを用いて、横滑り角とヨーレートとから特定される座標点と原点とを結ぶ距離に基づいて車両の走行安定性を判定し、この判定結果に応じて、角度ゲインとトルクゲインとを変更することが望ましい。

【 0 0 1 5 】

また、第 1 から第 3 の発明のいずれかにおいて、制御部は、路面摩擦状態を推定し、この推定結果に応じて、角度ゲインとトルクゲインとを変更することが好ましい。

【 0 0 1 6 】

さらに、第 1 から第 3 の発明のいずれかにおいて、制御部は、角度ゲインまたはトルクゲインの少なくとも一方に対して、上限値と下限値とを設定することが好ましい。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、電動式パワーステアリング装置の全体構成図であり、ハンドル 1 0 に

伝わる操舵反力を制御する第 1 のモータ 1 0 3 と、タイヤ 2 0 の車輪角（実舵角）を制御する第 2 のモータ 1 0 4 とを有するステアバイワイヤ機構の構成を示す。この機構は、主に 2 つの機能を有する。第 1 は、タイヤ 2 0 より伝わる路面反力に応じた制御トルクを第 1 のモータ 1 0 3 で発生することにより、ハンドル 1 0 に操舵トルクを与える機能である。第 2 は、ハンドル 1 0 の操舵角に応じた制御トルクを第 2 のモータ 1 0 4 で発生することにより、タイヤ 2 0 の車輪角を制御する機能である。

【 0 0 1 8 】

図 2 は、ステアバイワイヤ機構の制御ブロック図である。なお、後述する第 2 の実施形態以降も同図を用いて説明する関係上、同図は、全ての実施形態を含む形でブロック間の入出力関係を示している点に留意されたい。路面反力トルク検出部 1 0 2 はタイヤ 2 0 より伝わる路面反力トルク T_f を検出する。操舵角検出部 1 0 5 はハンドル 1 0 の操舵角 θ_h を検出し、車輪角検出部 1 0 6 はタイヤ 2 0 の車輪角 θ_f を検出する。車速検出部 1 1 1 は車速 v を検出し、操舵速度検出部 1 1 2 はハンドル 1 0 の操舵速度 $H S$ 、すなわち、単位時間当たりの操舵量を検出する。また、操舵フィーリングや操縦安定性の向上を図るために、車両状態量検出部 1 0 8 が設けられている。この検出部 1 0 8 は、ヨーレート、横加速度（車両の横方向の加速度）、スリップ角、或いは、路面摩擦係数 μ といった車両の走行状態を示す各種情報（車両状態量）を検出する。なお、車両状態量は、上記情報の全てを含む必要は必ずしもない。さらに、図示していないが、それぞれのモータ制御を行うために、モータ 1 0 3、1 0 4 に流れる電流とモータ端子間にかかる電圧等も検出される。

【 0 0 1 9 】

なお、路面反力トルク T_f は、路面反力トルク検出部 1 0 2 で直接検出する手法以外に、車輪角を制御する第 2 のモータ 1 0 4 の駆動電流や回転加速度等の出力を用いて推定してもよい（後述する各実施形態についても同様）。ここで、このモータ 1 0 4 のトルク定数を K_{t2} 、モータ 1 0 4 の電流を I_f 、モータ 1 0 4 の慣性を J_2 、モータ 1 0 4 の加速度を $d\omega_2/dt$ とすると、路面反力トルク T_f は下式により算出される。

【数 1】

$$Tf = If \cdot Kt2 - J2 \cdot d\omega2/dt$$

【0 0 2 0】

制御部 1 0 7 は、CPU、ROM、RAM、入出力インターフェース等を主体に構成されたコンピュータ（ステアリング制御コントローラ）である。ここで、ROMには、後述するトルクゲイン $\alpha 22$ を設定するためのマップの他、安定判定マップ（第 4 の実施形態）やゲイン $\alpha 11$ 、 $\alpha 22$ の上下限值（第 7 の実施形態）等も格納されている。制御部 1 0 7 を機能的に捉えた場合、制御部 1 0 7 は、オンセンター領域判定部 1 2 0、操舵トルク制御部 1 2 1、車輪角制御部 1 2 2 およびモータ電流決定部 1 2 3 a、1 2 3 b を有する。制御部 1 0 7 は、車両状態量に応じて、下式の関係が成立するような舵角制御およびトルク制御を行う。ここで、 θh はハンドル 1 0 の操舵角、 θf はタイヤ 2 0 の車輪角、 Tf は路面反力トルク、 θh は操舵トルク、 $\alpha 11$ は角度ゲイン、 $\alpha 22$ はトルクゲインである。

【数 2】

$$\theta f = \alpha 11 \cdot \theta h$$

$$Th = \alpha 22 \cdot Tf$$

【0 0 2 1】

オンセンター領域判定部 1 2 0 は、本実施形態に係る舵角制御およびトルク制御を行う上で重要となる「オンセンター領域」の判定を行う。「オンセンター領域」とは、ハンドル 1 0 の操舵位置が中立付近とみなせる領域をいう。本実施形態において、オンセンター領域の判定は、算出された操舵トルク相当の操舵反力情報を主体として行われる。具体的には、ハンドル 1 0 の切り込み・切り返しを操舵トルク Th と操舵速度とに基づいて推定し、切り込み時には $\pm 2 Nm$ 以下、切り返し時に $0 Nm$ でオンセンター領域と判定する。ただし、操舵トルク Th の値は車両によって異なるため、オンセンター領域の判定基準を与えるしきい値（ $\pm 2 Nm$ ）は車両の仕様を考慮した上で決定する。また、もちろん操舵トルクを検出するセンサを有するシステムでは、このセンサによって検出された操舵トルクを用いて、上記オンセンター領域の判定を行ってもよい。後述する各実施形態において、操舵トルクの値は、算出された値または検出された値のどちらを用いてもよ

いものとする。

【 0 0 2 2 】

車輪角制御部 1 2 2 は、操舵角検出部 1 0 5 によって検出された操舵角 θh に角度ゲイン $\alpha 11$ (本実施形態では固定値) を乗じることによって、車輪角 θf を算出する。第 2 のモータ電流決定部 1 2 3 b は、この制御部 1 2 2 で算出された車輪角 θf に応じて、第 2 のモータ 1 0 4 を駆動する電流の目標値を決定し、これを第 2 のモータ電流制御部 1 3 0 b に出力する。これにより、第 2 のモータ 1 0 4 の実電流が目標値と一致するようなフィードバック制御が行われ、タイヤ 2 0 の車輪角が θf 相当に制御される。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、角度ゲイン $\alpha 11$ を固定値 (一定値) とする。角度ゲイン $\alpha 11$ の値は操舵角 θh と車輪角 θf との比であり、オーバーオールステアリングギヤ比と呼ばれるものの逆数に相当する。一般的な乗用車の場合、角度ゲイン $\alpha 11$ を $1/15 \sim 1/20$ 程度と設定することが多い。しかしながら、可変ギヤシステムと呼ばれるステアリング装置の機能を実現するために、低車速で $1/10$ 、高車速で $1/30$ 等に設定することも可能である。

【 0 0 2 4 】

一方、操舵トルク制御部 1 2 1 は、路面反力トルク検出部 1 0 2 によって検出された路面反力トルク Tf にトルクゲイン $\alpha 22$ を乗じることによって、操舵トルク Th を算出する。トルクゲイン $\alpha 22$ は、上述した角度ゲイン $\alpha 11$ とは異なり、可変値である。第 1 のモータ電流決定部 1 2 3 a は、この制御部 1 2 1 で算出された操舵トルク Th に応じて、第 1 のモータ 1 0 3 を駆動する電流の目標値を決定し、これを第 1 のモータ電流制御部 1 3 0 a に出力する。これにより、第 1 のモータ 1 0 3 の実電流が目標値と一致するようなフィードバック制御が行われ、第 1 のモータ 1 0 3 は電流値にトルク定数とギヤ比 (モータからステアリング軸間) を乗じた所定のトルクを発生する。その結果、ドライバがハンドル 1 0 を操舵する際における操舵トルクが θf 相当に制御される。

【 0 0 2 5 】

ここで、図 3 に示すように、路面反力トルク Tf と操舵トルク Th との座標系に

おける直線の傾きに相当するトルクゲイン α_{22} は、走行状態に応じて、可變的に設定される。具体的には、オンセンター領域判定部 1 2 0 によってハンドル 1 0 がオンセンター領域でないと判定された場合には、同図の太実線の傾きに相当するトルクゲイン所定値がトルクゲイン α_{22} として適用される。これに対して、ハンドル 1 0 がオンセンター領域であると判定された場合には、トルクゲイン α_{22} として、トルクゲイン所定値よりも大きい値が適用される。また、この場合、車速 v が早いほどトルクゲイン α_{22} の値を大きく設定する。一例として、トルクゲイン所定値を、マニュアルステアリングにおけるトルクゲインの0.5倍に設定するとよい。この数値は一般的なパワーステアリング装置の路面反力に対する操舵トルクの比を示したトルクゲインの値で、Kenneth D . Norman筆の文献 (Object Evaluation of On-Center Handling Performance, SAE paper 840069, 1984) にも紹介されている値である。また、このトルクゲイン所定値をマニュアルステアリングにおけるトルクゲインの1.0倍以上とすることで、マニュアルステアリング以上の路面反力がドライバに伝わるため、ハンドル 1 0 のオンセンター感の一層の向上を図れることができる。

【 0 0 2 6 】

図 4 は、操舵角 θ_h と操舵トルク T_h との関係を示す図である。同図に示したように、オンセンター感の向上を目的とした本実施形態では、マニュアルステアリングの特性および一般的なパワーステアリングの特性と比較して、オンセンター領域（ハッチングで囲まれた領域内）における傾きが大きくなる。したがって、本実施形態によれば、マニュアルステアリング等と同等以上のオンセンター感が得られる。

【 0 0 2 7 】

このように、本実施形態によれば、オンセンター感が増大するため、操作フィーリングの向上を図ることが可能になる。一般に、オンセンター領域で車両を運転する場合、ハンドル 1 0 の操舵トルク T_h が適度にある方がドライバにとって運転し易く、操舵フィーリングがよい。本実施形態のように、操舵角 θ_h と車輪角 θ_f との関係を任意に変更可能なステアリング機構では、ハンドル 1 0 に伝わる操舵トルク T_h を車輪角 θ_f と関係なく独立して決定できる。このような特徴を

生かして、ハンドル 10 がオンセンター領域（すなわち中立位置付近）の場合には、この領域以外の場合よりもトルクゲイン $\alpha 22$ を大きく設定する。その結果、トルクゲイン $\alpha 22$ を大きくした分だけオンセンター領域における操舵トルクが増大するため、オンセンター感の向上を図ることが可能となる。

【 0 0 2 8 】

（第 2 の実施形態）

上述した第 1 の実施形態では角度ゲイン $\alpha 11$ を固定値としたのに対して、本実施形態ではこれを可変値とする。なお、全体的なシステム構成、車輪角の制御および操舵トルクの制御に関する基本的な部分は第 1 の実施形態（特に図 1，2）と同様であるため、ここでの説明を省略する（後述する実施形態についても同様）。

【 0 0 2 9 】

例えば、ステレオカメラ、レーザレーダ、或いは赤外線レーダ等の監視センサによって自車両の前方に障害物が検出され、緊急回避が必要と判断された場合には、車輪角制御部 122 は、図 5 に示すように、角度ゲイン $\alpha 11$ の値を標準値よりも大きく設定する。例えば、角度ゲイン $\alpha 11$ の標準値が 1/15 の車両の場合、障害物検出時には角度ゲイン $\alpha 11$ を 1/10 を設定する。これにより、障害物検出時には、通常走行時よりも 1.5 倍ほど車両が曲がりやすくなるため、操縦性（障害物の回避性）が向上する。また、障害物検出時において、操舵トルク制御部 121 は、トルクゲイン $\alpha 22$ の値も通常走行時よりも小さく設定することが好ましい。これにより、操舵トルク T_h も軽くなるため、ハンドル 10 の操作をより機敏に行うことが可能となる（回頭性の向上）。

【 0 0 3 0 】

また、ナビゲーションシステムと連動して、高速道路などで直進走行検出を行い、直進走行が続くと判断した場合、車輪角制御部 122 は、図 5 に示すように、角度ゲイン $\alpha 11$ の値を標準値よりも小さく設定してもよい。直線走行が連続する場合に角度ゲイン $\alpha 11$ を小さくすることによって、ハンドル 10 の操作に対して車両が鈍く反応するため、ドライバは直進走行の操作を行い易い。また、その際に、トルクゲイン $\alpha 22$ の値を大きく設定してもよい。これにより、操舵トルク

Thが重くなるため、ハンドル10のオンセンター感がドライバに伝わり操縦の負担を軽減することができる。

【0031】

このように、本実施形態によれば、走行状況に応じて角度ゲイン $\alpha 11$ を可変に設定することにより、操縦性の向上を図ることができる。また、角度ゲイン $\alpha 11$ を固定した第1の実施形態と比較して、走行状況に応じて、或いは、ドライバの好みに応じて、ハンドル操作に対する車両挙動を任意に設定できる。そのため、車輪角（実舵角）の設定に関して、フレキシビリティの向上を図ることが可能になる。

【0032】

（第3の実施形態）

上述した各実施形態では、操舵トルクThに基づいて、オンセンター領域の判定を行っていたが、本実施形態では、横加速度に基づいて判定する。具体的には、オンセンター領域判定部120は、横加速度が所定のしきい値（例えば $\pm 0.1G$ ）以内の場合にハンドル10がオンセンター領域であると判定する。このしきい値は、車両によって異なり車両の仕様値を考慮した上で決定する。また、横加速度は、加速度センサを車両に取り付けることで検出可能であるが、他の車載システムからCAN等の通信手段を通じて得ることも可能である。また、オンセンター領域の判定は、横加速度に基づいて行う手法以外に、路面反力や操舵角等といった各種の車両状態量に基づいて行うことも可能である。なお、以上の点は、後述する各実施形態についても同様である。

【0033】

（第4の実施形態）

本実施形態では、車両のヨーレートと横滑り角との関係を規定する安定判別マップを用いて、横滑り角とヨーレートとから特定される座標点と原点とを結ぶ距離に基づいて車両の走行安定性を判定する。そして、この判定結果に応じて、角度ゲイン $\alpha 11$ とトルクゲイン $\alpha 22$ とを変更する。そのために、上述した実施形態の構成に、ヨーレートセンサや横滑り角センサを追加して、ヨーレートや横滑り角等の車両状態量を検出する。制御部107は、車両の走行安定性を向上させる

べく、これらの車両状態量に応じて、角度ゲイン α_{11} とトルクゲイン α_{22} とを可変に制御する。なお、これらの状態量は、他の車載システムからCANを通じて取り込んでもよい。

【0034】

図6は、本実施形態における安定判別マップの説明図である。車両の走行安定判別手法に関しては、金ら筆の文献「スリップ制御による車両のスタビリティとステアアビリティの向上」(Honda R&D Technical Review, Vol.13 No1 2001年)に紹介されている。本実施形態において、例えば、 β_{max} を5deg、 γ_{max} を30deg/secとして安定判別してもよい。同図において、座標点(横滑り角、ヨーレート)と原点とを結ぶ距離は車両の安定度を示す。この座標点がハッチングで囲まれた領域内に存在する場合には安定走行であると判定し、この領域外に存在する場合には不安定走行であると判定する。

【0035】

安定走行と判定された場合には、通常の走行モードとして、上述した実施形態に基づいて、角度ゲイン α_{11} とトルクゲイン α_{22} とが通常値に設定される。これらの通常値は、上述した実施形態に基づいて設定される値である。これに対して、不安定走行と判定された場合には、トルクゲイン α_{22} が通常値よりも大きく設定される。これにより、路面反力がより大きくドライバに伝達されるため、ドライバは路面の状態をハンドル10からより正確に感知可能となる。それとともに、不安定走行と判定された場合には、角度ゲイン α_{11} が通常値よりも小さく設定される。これにより、ハンドル操作に対する車両の挙動が鈍くなる。車両走行が安定していない領域におけるハンドル操作は、一般のドライバには困難であり、これを誤って操作した場合には車両を更に不安定化させる可能性がある。そこで、車両が安定していない場合には、角度ゲイン α_{11} を小さくしてドライバの誤操作を防ぐとともに、トルクゲイン α_{22} を大きくして、車両を安定化するために必要な路面情報をドライバに与える。

【0036】

このように、本実施形態によれば、車両の走行状態が不安定になった場合には、車両挙動の感度が鈍くなり、操舵トルクの感度が上がるため、車両の安定性を

向上させることが可能になる。

【 0 0 3 7 】

なお、本実施形態では、安定性を二值的（安定走行、不安定走行）に判断し、ゲイン α_{11} 、 α_{22} を二值的に設定しているが、これらのゲイン α_{11} 、 α_{22} を連続的に設定してもよい。例えば、上述した安定判別マップにおいて、横滑り角とヨーレートとから特定される座標点と原点とを結ぶ距離を算出し、この距離に応じて、ゲイン α_{11} 、 α_{22} を線形的に変化させるといった如くである。この場合、距離が大きくなるほど（走行安定性が低下するほど）、角度ゲイン α_{11} の値を連続的に減少させるとともに、トルクゲイン α_{22} の値を連続的に増大させる。

【 0 0 3 8 】

（第 5 の実施形態）

本実施形態では、路面摩擦状態を推定して、車両の走行安定性を向上させるべく、推定結果に応じて、角度ゲイン α_{11} とトルクゲイン α_{22} とを可変に制御する。具体的には、制御部 107 は、適応制御理論を用いた車両の横運動の方程式に基づき、車両の前後輪のコーナリングパワーを算出・推定する。そして、制御部 107 は、前後輪のコーナリングパワーにより路面状況に応じた路面摩擦係数の推定値を算出する。そして、この推定値が所定のしきい値（例えば $\mu = 0.7$ ）以上の場合には高 μ 路と判定し、それ未満の場合には低 μ 路と判定する。なお、このような推定手法に関しては、特開平 11-101732 号公報に詳述されているので、必要ならば参照されたい。

【 0 0 3 9 】

路面が高 μ 路と判定された場合には、角度ゲイン α_{11} とトルクゲイン α_{22} とが標準値に設定される。これらの標準値は、上述した実施形態に基づいて設定される値である。これに対して、路面が低 μ 路と判定された場合には、角度ゲイン α_{11} が通常値よりも小さく設定され、トルクゲイン α_{22} が通常値よりも大きく設定される。これにより、滑り易い路面状況においても、車両の安定走行性を確保することが可能となる。

【 0 0 4 0 】

なお、本実施形態では、路面 μ の状態を二值的（安定走行、不安定走行）に判

断し、ゲイン $\alpha 11$ 、 $\alpha 22$ を二値的に設定しているが、これらのゲイン $\alpha 11$ 、 $\alpha 22$ を連続的に設定してもよい。この場合、路面 μ が低下するほど（路面が滑りやすい状況になるほど）、角度ゲイン $\alpha 11$ の値を連続的に減少させるとともに、トルクゲイン $\alpha 22$ の値を連続的に増大させる。

【 0 0 4 1 】

(第 6 の実施形態)

図 7 は、本実施形態における操舵角 θh と操舵トルク $T h$ との関係を示す図であり、角度ゲイン $\alpha 11$ は小さくし、トルクゲイン $\alpha 22$ の決定手法を表した図である。上述した各実施形態では、上述した数式 2 に示したように、角度ゲイン $\alpha 11$ とトルクゲイン $\alpha 22$ とをそれぞれ独立して算出していたのに対して、本実施形態では下記の式に従い、両者を関連付けて算出する。ここで、 K は任意の定数である。

【数 3】

$$\theta f = \alpha 11 \cdot \theta h$$

$$T h = \alpha 22 \cdot T f$$

$$T f = K \cdot \theta f$$

$$T h / \theta h = K \cdot \alpha 11 \cdot \alpha 22$$

【 0 0 4 2 】

上式のように、 $T h / \theta h$ を一定値 ($K \cdot \alpha 11 \cdot \alpha 22$) にすると、 $\alpha 11 \cdot \alpha 22$ も一定値になる。このことは、角度ゲイン $\alpha 11$ とトルクゲイン $\alpha 22$ との積が一定値であることを意味する。 $T h / \theta h$ を一定値とすることにより、トルクゲイン $\alpha 22$ を決定すれば角度ゲイン $\alpha 11$ も一義的に決定される。このように、トルクゲイン $\alpha 22$ と角度ゲイン $\alpha 11$ との積を一定値とすることで、演算処理量を減らすことが可能となる。なお、本実施形態に係る手法は、上述した実施形態のいずれに対しても適用可能である。

【 0 0 4 3 】

(第 7 の実施形態)

本実施形態は、角度ゲイン $\alpha 11$ とトルクゲイン $\alpha 22$ とに対して、それぞれ上限値と下限値とを設けることを特徴とする。図 8 は、角度ゲイン $\alpha 11$ の上下限値の

説明図である。角度ゲイン $\alpha 11$ の基準値は、車両によって異なるが、一般的な乗用車の場合には例えば1/15程度としてもよい。この場合、角度ゲイン $\alpha 11$ の上限値を例えば1/3に設定する。角度ゲイン $\alpha 11$ が1/3の場合、角度ゲイン基準値を1/15としておくとその5倍となる。また、その下限値は例えば1/75に設定する。角度ゲイン $\alpha 11$ が1/75の場合、角度ゲイン基準値を1/15としておくとその1/5倍となる。

【 0 0 4 4 】

また、図9は、トルクゲイン $\alpha 22$ の上下限値の説明図である。トルクゲイン基準値としては、例えば、第1の実施形態と同様に0.5を用いる。また、その上限値として2.5、その下限値として0.1に設定すると、トルクゲイン基準値に対して、操舵トルクの感度がそれぞれ5倍、1/5倍になる。

【 0 0 4 5 】

本実施形態では、角度ゲイン $\alpha 11$ 、トルクゲイン $\alpha 22$ のそれぞれに対して上限値と下限値とを設定している。これにより、本ステアリング装置の断線やセンサのフェール等によって、誤った信号入力が発生したとしても、ドライバは車両を安全に操縦することが可能となる。なお、上限値および下限値は、角度ゲイン $\alpha 11$ とトルクゲイン $\alpha 22$ との双方に設定する必要は必ずしもなく、いずれか一方のみに設定してもよい。

【 0 0 4 6 】

なお、上述した各実施形態では、電動式パワーステアリング装置をステアバイワイヤ機構に適用した例について説明した。しかしながら、本発明は、図10に示す舵角スーパーインポーズ機構を含めて、操舵反力を制御するモータと実操舵角を制御するモータとを有する機構に対して広く適用することが可能である。同図に示した舵角スーパーインポーズ機構がステアバイワイヤ機構と異なる点は、タイヤ10とハンドル20とが機械的な連結で繋がっている点である。具体的には、ハンドル10側の操舵反力用遊星ギヤ809と、タイヤ20側の車輪角制御用遊星ギヤ810との間は、伝達軸811を介して連結されている。これ以外については図1の構成と同様であるから、図1に示した符号と同様の符号を付してここでの説明を省略する。なお、舵角スーパーインポーズ機構については、Kram

er筆の文献 ("Potential Function and Benefits of Electronic Steering Assistance", CSAT, Czech Republic, 1996) において詳述されている。

【 0 0 4 7 】

【発明の効果】

本発明によれば、ハンドルの操舵角とタイヤの車輪角との関係を任意に設定可能なステアリング機構を有する電動式パワーステアリング装置において、ハンドルの操舵角や走行状況等に応じて、トルクゲインや角度ゲインを調整する。これにより、操舵フィーリングや操縦性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 電動式パワーステアリング装置の全体構成図

【図 2】 制御ブロック図

【図 3】 路面反力トルクと操舵トルクとの関係を示す図

【図 4】 操舵角と操舵トルクとの関係を示す図

【図 5】 第 2 の実施形態における角度ゲインを可変値とした場合の説明図

【図 6】 第 4 の実施形態における安定判別マップの説明図

【図 7】 第 6 の実施形態における操舵角と操舵トルクとの関係を示す図

【図 8】 第 7 の実施形態における角度ゲインの上下限値の説明図

【図 9】 第 7 の実施形態におけるトルクゲインの上下限値の説明図

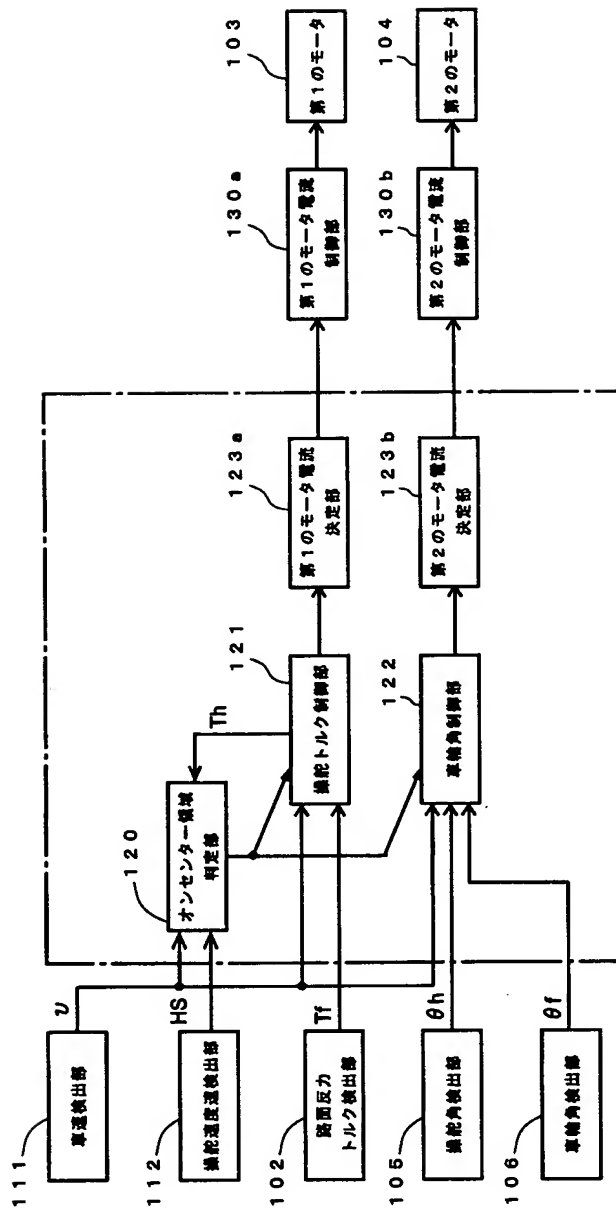
【図 1 0】 舵角スーパーインポーズ機構の全体構成図

【符号の説明】

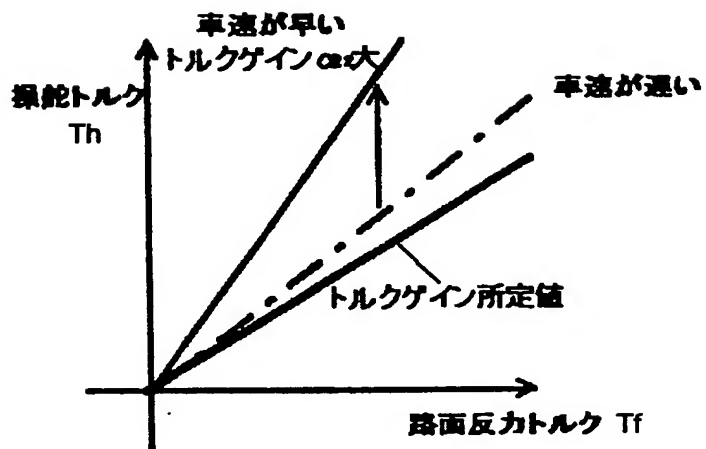
- 1 0 ハンドル
- 2 0 タイヤ
- 1 0 2 路面反力トルク検出部
- 1 0 3 第 1 のモータ
- 1 0 4 第 2 のモータ
- 1 0 5 操舵角検出部
- 1 0 6 車輪角検出部
- 1 0 7 制御部
- 1 0 8 車両状態量検出部

- 1 0 9 操舵反力用減速ギヤ
- 1 1 0 車輪角制御用減速ギヤ
- 1 1 1 車速検出部
- 1 1 2 操舵速度検出部
- 1 2 0 オンセンター領域判定部
- 1 2 1 操舵トルク制御部
- 1 2 2 車輪角制御部
- 1 2 3 a, 1 2 3 b モータ電流決定部
- 1 3 0 a, 1 3 0 b モータ電流制御部
- 8 0 9 操舵反力用遊星ギヤ
- 8 1 0 車輪角制御用遊星ギヤ
- 8 1 1 伝達軸

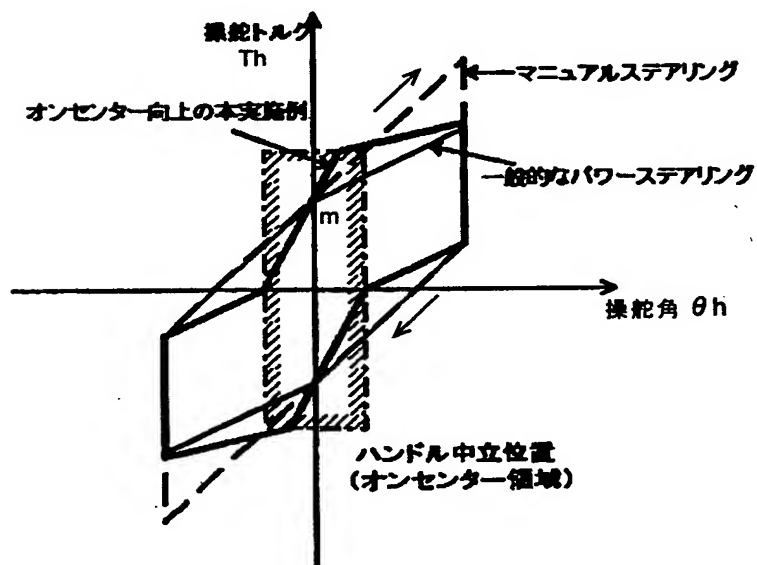
【図2】



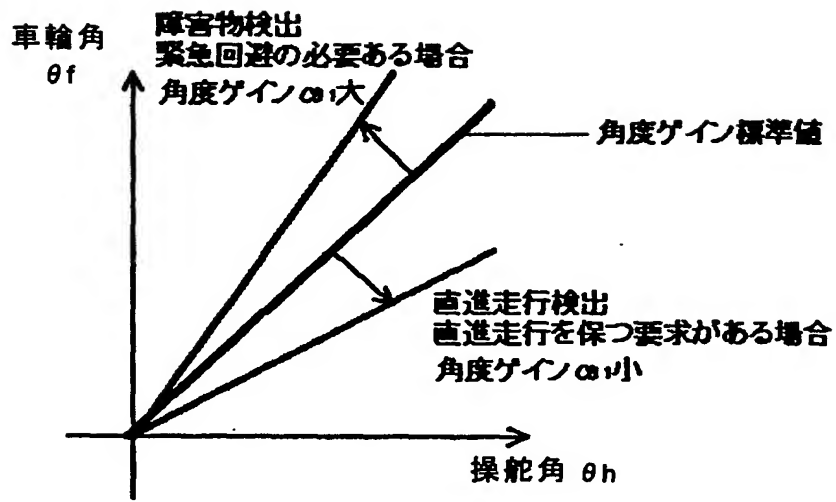
【図3】



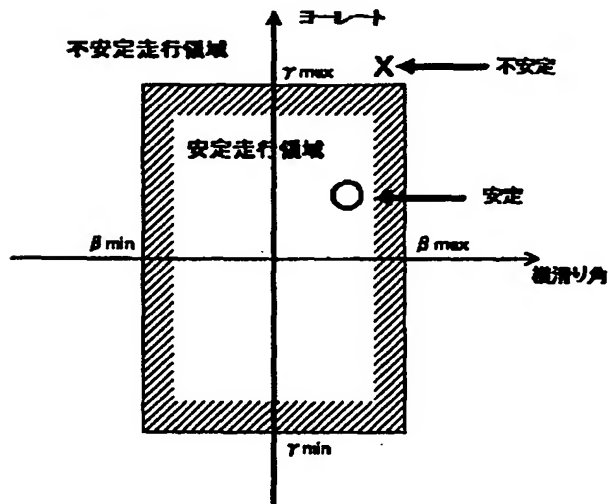
【図4】



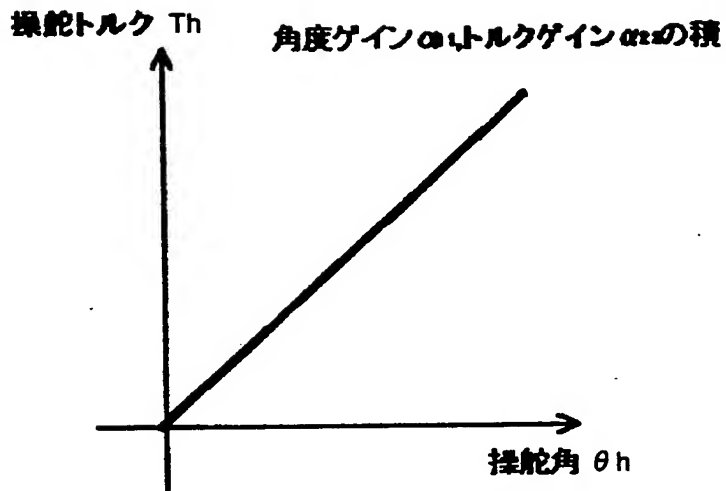
【図 5】



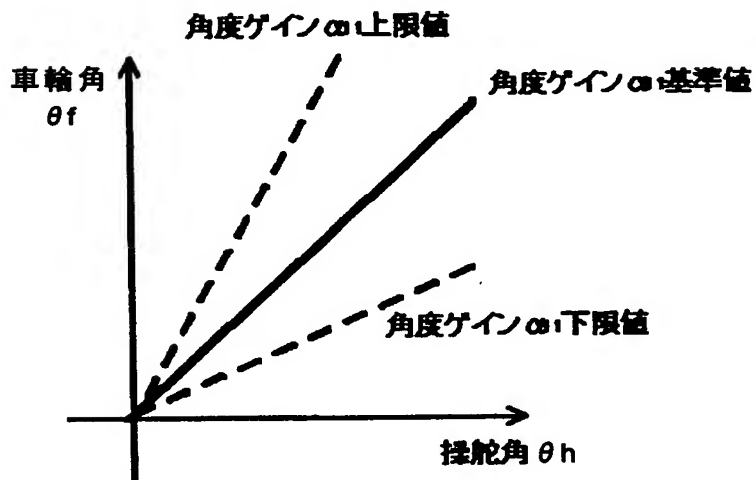
【図 6】



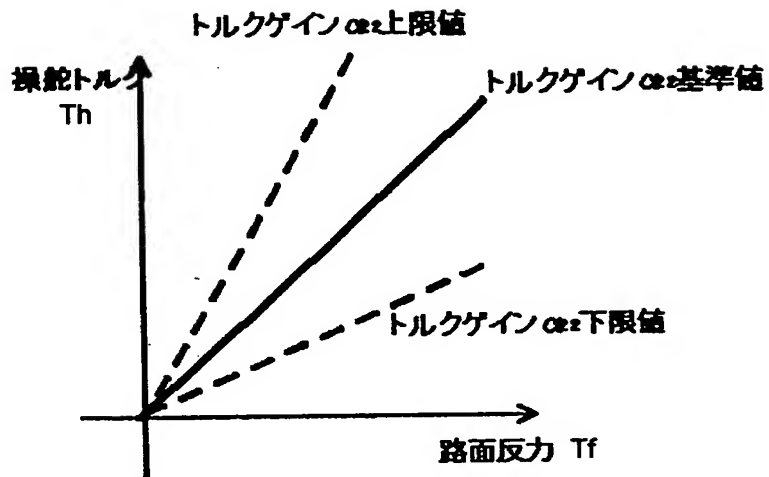
【図 7】



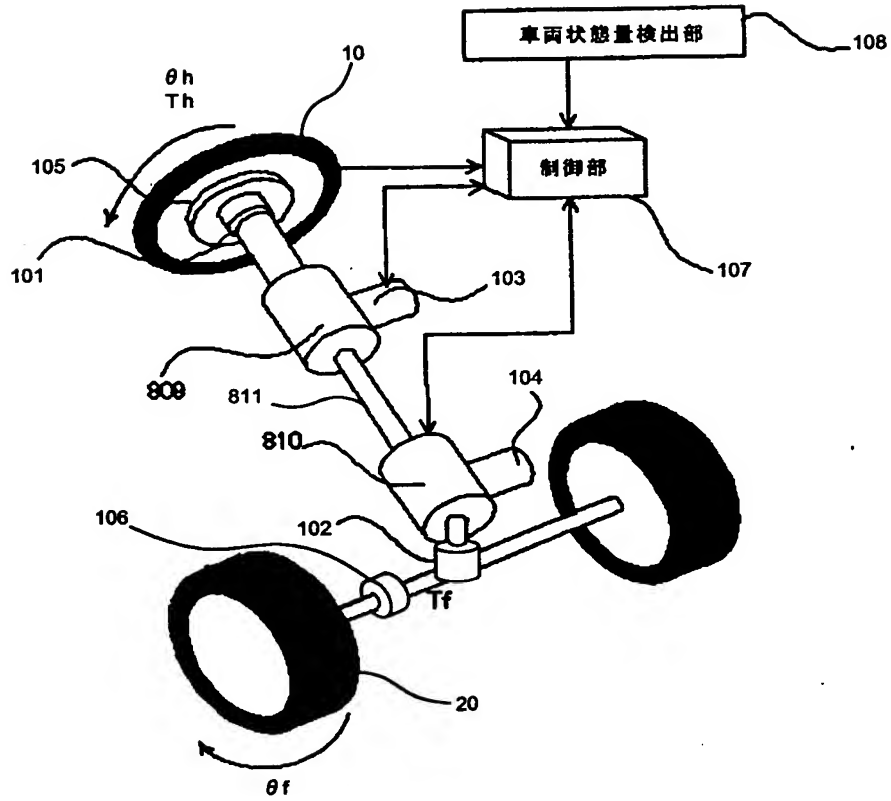
【図 8】



【図 9】



【図10】



【書類名】 要約書

【課題】 トルクゲインを制御することにより、オンセンター感の向上を図る。

【解決手段】 ハンドル 1 0 に伝わる操舵反力を制御する第 1 のモータ 1 0 3 と、ハンドル 1 0 がオンセンター領域であるか否かを判定するオンセンター領域判定部と、タイヤ 2 0 より伝わる路面反力トルクを検出する路面反力トルク検出部 1 0 2 と、制御部 1 0 7 とを有する。この制御部 1 0 7 は、検出された路面反力トルクと、トルクゲインとに基づいて操舵トルクを算出するとともに、算出された操舵トルク相当の操舵反力がハンドル 1 0 に生じるように、第 1 のモータ 1 0 3 の駆動制御を行う。また、制御部 1 0 7 は、オンセンター領域であると判定された場合に設定するトルクゲインを、オンセンター領域でないと判定された場合に設定するトルクゲインよりも大きくする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 3 4 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区西新宿一丁目 7 番 2 号
氏 名	富士重工業株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名	三菱電機株式会社